



Biologisk Institutt

RAPPORT LNR 5353-2007

## Utredninger Vansjø 2006

Undersøkelse av mulig  
interngjødsling i vestre Vansjø



*(Foto: Knut Bjørndalen, NIVA)*

## Norsk institutt for vannforskning

# RAPPORT

### Hovedkontor

Gaustadalléen 21  
0349 Oslo  
Telefon (47) 22 18 51 00  
Telefax (47) 22 18 52 00  
Internet: www.niva.no

### Sørlandsavdelingen

Televeien 3  
4879 Grimstad  
Telefon (47) 37 29 50 55  
Telefax (47) 37 04 45 13

### Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 41  
2312 Ottestad  
Telefon (47) 62 57 64 00  
Telefax (47) 62 57 66 53

### Vestlandsavdelingen

Postboks 2026  
5817 Bergen  
Telefon (47) 55 30 22 50  
Telefax (47) 55 30 22 51

### Akvaplan-niva

9296 Tromsø  
Telefon (47) 77 75 03 00  
Telefax (47) 77 75 03 01

|  |                                       |                      |
|--|---------------------------------------|----------------------|
| Tittel<br>Utredninger Vansjø 2006 – Undersøkelse av mulig interngjødsling 2006 | Løpenr. (for bestilling)<br>5353-2007 | Dato<br>1. mars 2007 |
|  | Prosjektnr. Undernr.<br>O-26280-2     | Sider Pris<br>13s    |
| Forfatter(e)<br>Tom Andersen<br>Per Johan Færøvik                              | Fagområde<br>Eutrofi<br>Ferskvann     | Distribusjon<br>Åpen |
|  | Geografisk område<br>Østfold          | Trykket<br>NIVA      |

|   |  |
|---|--|
| Oppdragsgiver(e)<br>Statens forurensningstilsyn og vannområdeutvalget Morsa | Oppdragsreferanse<br>Helga Gunnarsdottir |
|---|--|

|   |
|---|
| <p>Sammendrag</p> <p>Undersøkelsen er en videreføring av fjorårets kartlegging av overflatesedimentene i Vansjø og deres mulige betydning for interngjødsling av innsjøen. Årets undersøkelse bekrefter at sedimentene i Vanemfjorden gjennomgående har lavere fosforinnhold enn i Storefjorden, men viser også at det er de mest gruntliggende sedimentene i Vanemfjorden (mindre enn 3 meters dyp) som har det høyeste fosforinnholdet. Variabiliteten i fosforinnhold er også betydelig høyere i de gruntliggende enn de dypere liggende sedimentene i Vanemfjorden, med de høyeste verdiene nær land i områdene hvor det er mest intensiv jordbruksaktivitet.</p> |
|---|


|   |  |
|---|--|
| <p>Fire norske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Fosfor</li> <li>2. Sedimenter</li> <li>3. Eutrofiering</li> <li>4. Vansjø</li> </ol> | <p>Fire engelske emneord</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Phosphorus</li> <li>2. Sediments</li> <li>3. Eutrophication</li> <li>4. Vansjø</li> </ol> |
|---|--|



Tom Andersen  
Prosjektleder



Tone Jøran Oredalen  
Forskningsleder



Jarle Nygard  
Fag- og markedsdirektør

ISBN 978-82-577-5088-6

Utredninger Vansjø 2006

**Undersøkelse av mulig interngjødsling i vestre  
Vansjø**

## Forord

Denne rapporten presenterer resultatene fra delprosjektet *Utredninger Vansjø 2006 – Undersøke mulig interngjødsling i vestre Vansjø*. Prosjektet er en videreføring av prosjektet *Utredninger Vansjø 2005*. Dette prosjektet ble igangsatt da Vannområdeutvalget Morsa i 2005 fikk økonomisk støtte fra Miljøverndepartementet/ Statens forurensningstilsyn til å gjennomføre utredninger med det hovedmål å få økt kunnskap om innsjøen og prosesser knyttet til næringsstoffer som grunnlag for planlegging av videre hensiktsmessige tiltak.

Utredninger Vansjø ble etter en avsluttet anbudskonkurranse gjennomført av et konsortium bestående av Norsk institutt for vannforskning (NIVA), Universitet i Oslo (v/ Biologisk Institutt) og Bioforsk (v/ Jord og miljø). NIVA har hatt prosjektledelsen og har vært ansvarlig overfor oppdragsgiver. NIVA har også hatt det overordnede ansvaret for kvalitetssikringen av prosjektet og dets leveranser.

Utredninger Vansjø har i 2006 bestått av følgende delprosjekter med følgende hovedansvarlige:

1. Kartlegging av vannkvaliteten. *Hovedansv. Knut Bjørndalen, NIVA*
2. Undersøke mulig interngjødsling i vestre Vansjø. *Hovedansv. Tom Andersen, Univ. I Oslo*
3. Utrede naturtilstanden i Vansjø. *Hovedansv. Eva Skarbøvik, NIVA*
4. Forbedring av tilførselsberegninger, *Hovedansv. Eva Skarbøvik*

Prosjektleder for konsortiet har vært Knut Bjørndalen, NIVA. Oppdragsgivers kontaktperson har vært daglig leder Helga Gunnarsdottir, Vannområdeutvalget Morsa.

Konsortiet vil takke leder av Vannområdeutvalget Morsa Kjell Løkke og daglig leder Helga Gunnarsdottir som aktive og konstruktive medspillere og for nyttige diskusjoner gjennom hele prosjektperioden.

NIVA, den 1. mars 2007

Tom Andersen  
prosjektleder

---

# **Innhold**

|                                   |           |
|-----------------------------------|-----------|
| <b>Sammendrag</b>                 | <b>5</b>  |
| <b>1. Innledning</b>              | <b>6</b>  |
| <b>2. Metoder</b>                 | <b>7</b>  |
| <b>3. Resultater og diskusjon</b> | <b>10</b> |
| <b>4. Referanser</b>              | <b>13</b> |

---

## **Sammendrag**

Deler av de gruntliggende sedimentene i Vanemfjorden har høyere fosforkonsentrasjoner enn de dypereliggende sedimentene. I andre deler av fjorden ligger gruntliggende og dyptliggende sedimenter på samme nivå. Fosforkonsentrasjonene er imidlertid ikke spesielt høye sammenliknet med sedimentene i Storefjorden, og spesielt ikke hvis en sammenlikner med mer jernrike sedimenter fra innsjøer i moreneområder som for eksempel Frøylandsvatnet. Variabiliteten er betydelig høyere i de gruntliggende sedimentene, med indikasjoner på lokal påvirkning i områder med intensivt jordbruk. Tidsutviklingen på 3 stasjoner i sørenden av Vanemfjorden antyder en dynamisk sesongsyklus for fosforkonsentrasjonen i de mest gruntliggende sedimentene, hvor sedimentene tar opp fosfor om vinteren og lekker dette ut igjen i sommermånedene når algemengden er høyest. Usikkerheter knyttet til prøvetakingsmetodikken gjør imidlertid at disse resultatene bør følges opp med ytterligere prøvetaking og bedre metodikk før en kan konkludere sikkert om betydningen av dette fenomenet.

# 1. Innledning

Undersøkelsene av Vansjø har som hovedmål å øke kunnskapsgrunnlaget for tiltak som kan bedre vannkvaliteten i innsjøsystemet. For at dette skal lykkes er det blant annet av avgjørende betydning å finne ut hvor fosforet kommer fra. Vansjø er svært vindeksponert og store deler av innsjøsystemet består av grunne områder. Det er slike forhold som gjør at vannmassene, særlig i Vanemfjorden, er fullstendig omblandet store deler av året. Sedimentet blir derfor ikke noen effektiv felle for fosforholdige partikler som synker til bunns. I stedet vil sedimenterte partikler enten kunne bli virvlet opp på nytt av bølger og strømmer, eller bli nedbrutt til uorganisk fosfat som kan lekke ut fra sedimentet igjen. Hvorvidt uorganisk fosfat kan lekke ut igjen avhenger av sedimentets evne til å binde fosfor, som igjen avhenger av de fysiske og kjemiske egenskapene til sedimentet (bl.a. innholdet av jern og aluminium) og de kjemiske forholdene i vannet over sedimentet, særlig dets pH.

Våre undersøkelser i 2005 viste at innsjøsedimentene i Vansjø er, som ventet, generelt fattige på organisk materiale. Sterk vindpåvirkning, store grunne områder, samt høy vanntemperatur bidrar til en effektiv nedbrytning av organiske partikler som synker ned på sedimentoverflaten. Mer overraskende fant vi at sedimentene i det mest eutrofierte bassenget, Vanemfjorden, også hadde det laveste fosforinnholdet, og at fosforinnholdet generelt var lavest i sedimentoverflaten og økende nedover i sedimentet. Ut fra dette konkluderte vi at sedimentene som kilde for interngjødsling av Vansjø må være mindre enn tidligere antatt, og at den karakteriske økningen i totalt fosfor i Vanemfjorden gjennom sommerhalvåret i større grad må skyldes andre kilder, for eksempel tilførsler fra det lokale nedbørfeltet.

Det knytter seg imidlertid noen usikkerhetsmomenter til fjorårets sedimentundersøkelser som er motivasjonen for årets videreføring. For det første ble det bevisst valgt å konsentrere seg om de dypere sedimenter (dypere enn 4 meter) for å få et mest mulig utsagnskraftig bilde av totalvariasjonen i Vansjø. Erfaring tilsier at gruntliggende sedimenter er mer variable enn dypere sedimenter på grunn av effekten av bølgeeksponering og lokale tilførsler blir større på grunt vann. Mest mulig effektiv bruk av tilgjengelige ressurser tilsa derfor å konsentrere seg om dypere sedimenter i den innledende kartleggingen. De store gruntvannsområdene i Vanemfjorden gjør at en særlig her kan stille spørsmål ved representativiteten av fjorårets undersøkelse.

For det andre ble fjorårets undersøkelse av praktiske grunner gjennomført i slutten av september. Hvis det er slik at fosfor kan mobiliseres fra de gruntliggende sedimentene når algemengden er på sitt høyeste og algenes fosforbehov er størst, i juli og august, så vil ikke dette nødvendigvis kunne fanges

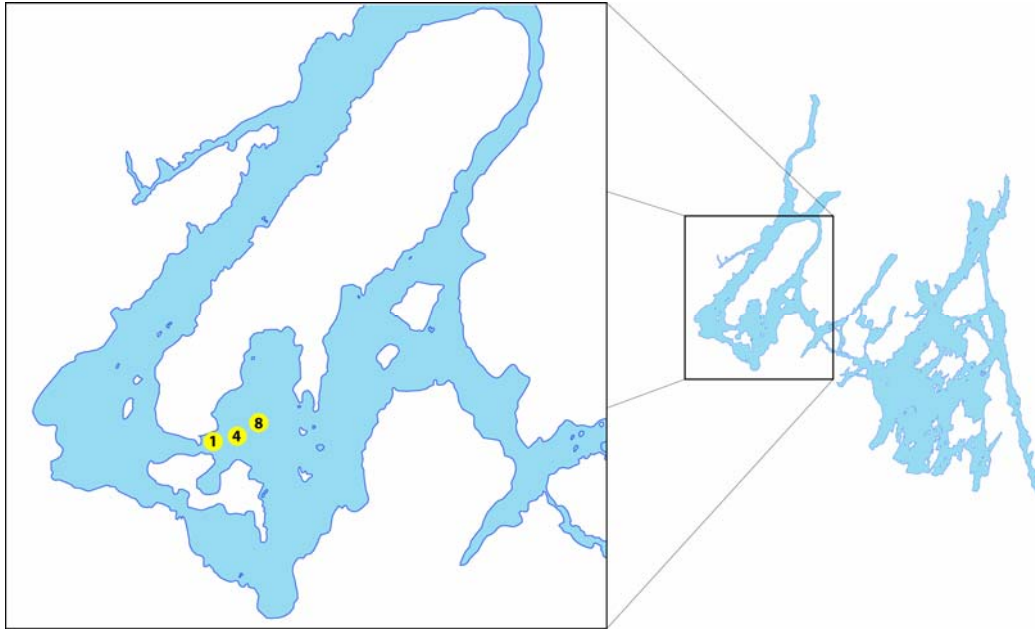
opp av en undersøkelse senere på høsten. En slik mobilisering kan forårsakes av flere mekanismer; – dels direkte ved aktiv biologisk transport gjennom at kolonier av *Microcystis* og andre blågrønnalger bruker sine karakteristiske gassvesikler til å vandre opp og ned i vannsøyla, og på den måten ta med seg fosfor fra sedimentoverflaten. Dels indirekte ved at høy algemengde gir høy fotosyntese, som igjen gir høyere forbruk av CO<sub>2</sub> enn det som kan erstattes ved utlufting gjennom vannoverflaten. Når CO<sub>2</sub>-innholdet i vannet synker forskyves kjemiske likevekter slik at pH stiger, og når pH stiger forandres adsorpsjonslikevektene mellom vann og sedimentpartikler slik at sedimentene får mindre evne til å binde fosfat. Særlig i perioder med høy pH og sterk vind vil dette kunne gi en tilførsel av fosfat fra de gruntliggende sedimentene til de frie vannmassene. Med data fra fjorårets undersøkelse kunne vi bare gi et temmelig usikkert anslag av hvor mye fosfor dette bidrar med, men konkluderte med at prosessen kan være av betydning i visse tider av sommerhalvåret.

Målsettingen med årets undersøkelse har vært å supplere undersøkelsen fra 2005 med flere sedimentkjerner fra de grunne områdene i Vanemfjorden, for å kunne gi svar på hvorvidt fosforinnholdet i de gruntliggende sedimentene er forskjellig fra de dypere liggende og dermed gi et mer representativt bilde av sedimentene i Vanemfjorden. Et annet mål med årets undersøkelse har vært å vurdere tidsvariasjonen i innhold og tilgjengelighet av fosfor i ulike dyp i Vanemfjorden for å kunne belyse hvorvidt en mobilisering av sedimentbundet fosfor er av betydning for den årlige økningen i total fosforkonsentrasjon i Vanemfjorden gjennom vekstsesongen.

## 2. Metoder

26 nye sedimentkjerner ble i september 2006 hentet inn fra Vestre Vansjø og 2/3 av disse ble tatt på dyp mindre enn 3 meter. Det var nødvendig å også ta sedimentkjerner fra dyp større enn 3 meter til sammenligning med målingene fra 2005. Av praktiske hensyn ble det ikke tatt noen prøver i sivbelter eller områder med tett undervannsvegetasjon, dels på grunn av vanskelig atkomst med båt og dels fordi det er vanskelig å få opp sedimentkjerner i tett vegetasjon uten hjelp av dykker. I undersøkelsen av tidsutviklingen ble det hentet 12 sedimentkjerner 15. juni, 24. juli, 21. august og 14. september fordelt på 3 dyp (1, 4 og 8 meter). Av hensyn til praktisk atkomst og gjennomføring ble disse sedimentkjernene tatt på faste stasjoner utenfor sørenden av Dillingøy (figur 1). Alle kjerner ble tatt med en såkalt gravitasjonshenter og transportert oppreist til laboratoriet hvor kjernene ble delt opp og den øverste centimeteren tatt ut.





Figur 1. Prøvetakingsstasjoner for tidsserie av fosforinnhold i overflatesediment. De gule sirklene representerer stasjonene på 1, 4 og 8 meters dyp som ble prøvetatt i juni, juli, august og september 2006.

Overflatesedimentet (0-1 cm) ble overført til plastposer, homogenisert og ca halvparten overført til varmebestandige beger og veid. Deretter ble sedimentet tørket ved 105 °C i 24 timer, nedkjølt til romtemperatur i eksikator og veid på nytt. Denne vektdifferansen representerer tørrvekten til sedimentet. Det tørkede sedimentet ble brent i muffelovn ved 450 °C i 2 timer og veid på nytt etter nedkjøling til romtemperatur i eksikator. Denne vektdifferansen representerer organisk innhold i sedimentet. Massetettheten av sedimentet beregnet ut fra vanninnhold og glødetap etter Håkanson og Jansson (1983).

Den andre halvparten av sedimentet ble delt i to like deler. Hver del ble overført til preveide 50 ml sentrifugerør og veid på nytt for å vite nøyaktig hvor mye sediment som ble brukt. Den ene halvdelen ble brukt til analyse av totalt fosforinnhold (NS4724) og den andre til bestemmelse av fosforfraksjoner. Innholdet av totalt fosfor (TP) i sedimentprøvene ble bestemt ved at hvert sentrifugerør med sediment ble tilsatt avionisert vann og satt på ristebord i minimum 1 time. Deretter ble prøven fortynnet, overført til 20 ml prøveflasker (syrevasket), tilsatt oksidasjonsmiddel (natriumperoxodisulfat) og autoklavert ved 121 °C i 1 time. Prøvene ble etter avkjøling overført til nye sentrifugerør og sentrifugert (1500 rpm i 15 min) før spektrofotometrisk måling av fosfat med antimonmolybdatmetoden (NS4724).

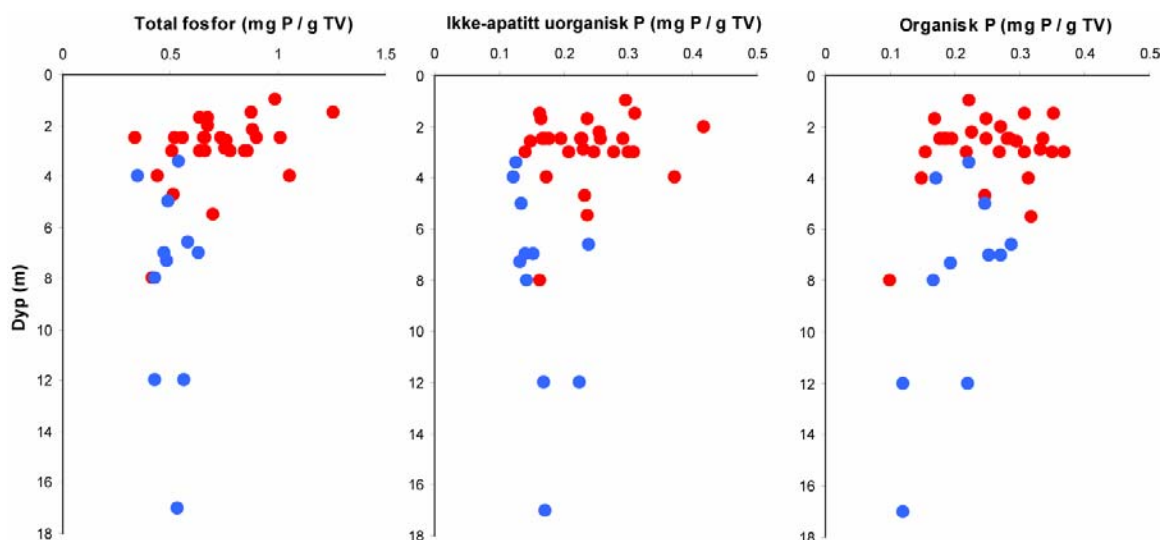
De ulike fosforfraksjonene ble som i 2005 bestemt etter metoden til Psenner m. fl. (1984, 1988) og Rydin (2000). Imidlertid ble det første trinnet, dvs. ekstraksjon med 1M ammoniumklorid (som løser ut fosfor i sedimentets porevann), utelatt fordi resultatet av målingene i 2005 viste svært lave konsentrasjoner i denne fraksjonen. Første ekstraksjonstrinn var derfor med en bufret dithionitt-løsning, (0,11 M  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$  og 0,11 M  $\text{NaHCO}_3$ ) som ekstraherer jernbundet fosfat som kan frigjøres under reduserende forhold. Hvert sentrifugerør ble tilsatt 40 ml dithionitt-løsning og plassert på ristebord i minimum 18 timer ved romtemperatur. Deretter ble prøven sentrifugert i 15 minutter (1500 rpm) og 20 ml av supernatanten overført til syrevasket beger tilsatt EDTA (1 ml; 0,015 M) før analyse av fosfatkonsentrasjon (NS4724).

Bunnfallet i sentrifugerøret ble tilsatt 40 ml 0,1 M NaOH og satt til risting i 24 timer ved romtemperatur. Etter sentrifugering (1500 rpm i 15 minutter) ble løsningen delt i to deler á 15 ml. Den ene delen ble overført til et nytt sentrifugerør og surgjort med svovelsyre (2 ml 2 M  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) for å felle ut organisk materiale. Deretter ble prøven sentrifugert på nytt (1500 rpm, 15 minutter), supernatanten (eventuelt fortynnet) overført til 20 ml syrevasket beger og fosfatinnholdet analysert etter NS4724. Summen av denne fraksjonen og dithionitt-fraksjonen representerer ikke-apatitt-bundet uorganisk fosfor (NAIP). Den andre delen ble overført til 20 ml (syrevasket) beger og analysert for totalt fosfor (TP) som ovenfor. Differansen mellom disse to delene representerer organisk bundet fosfor i sedimentprøven (OP).

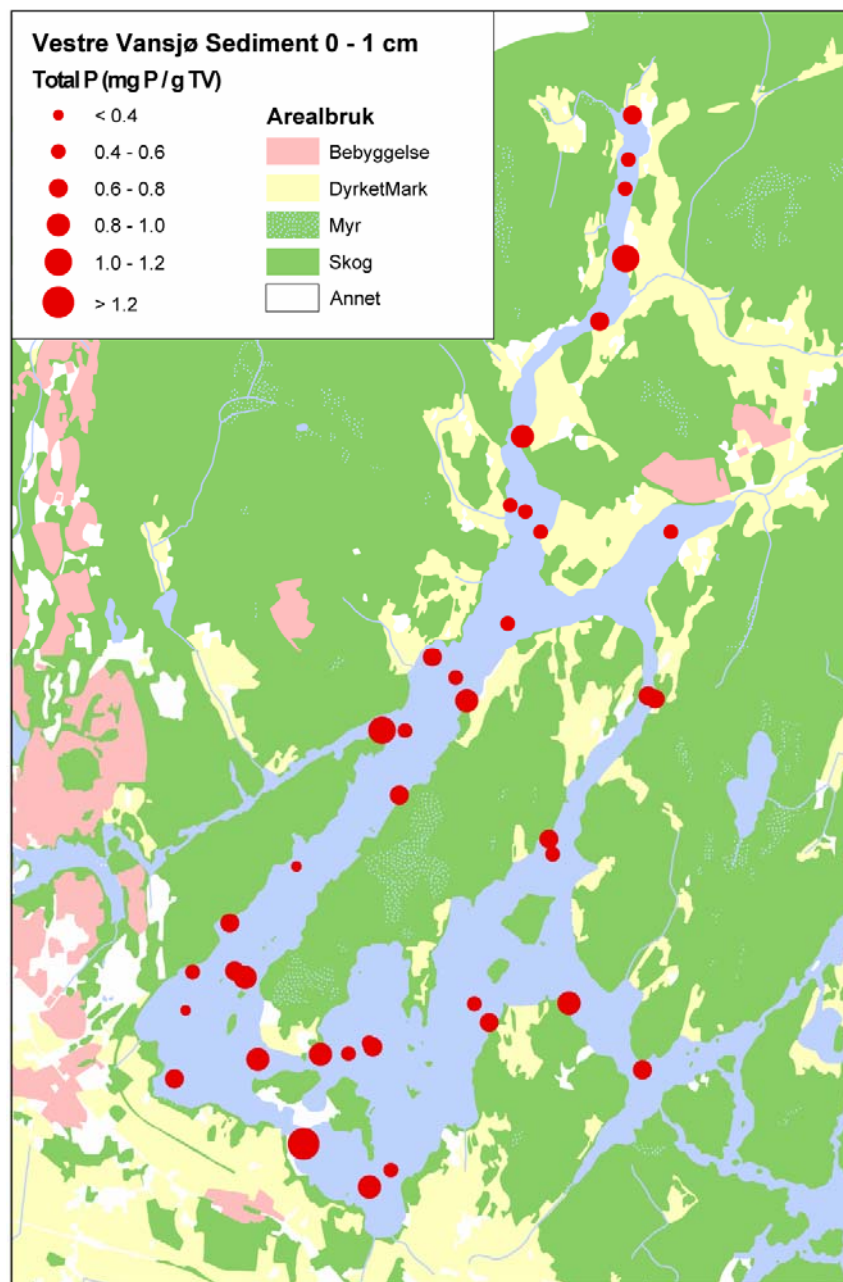
Fosfor bundet til apatitt (ev. karbonater) ble ekstrahert med saltsyre. Sedimentet ble tilsatt 40 ml 0,5 M HCl og ristet i 18 timer på ristebord ved romtemperatur. Deretter ble rørene sentrifugert (1500 rpm, 15min), supernatanten (eventuelt fortynnet) overført til 20 ml syrevasket beger og fosfatinnholdet (IP) analysert etter NS4724.

### 3. Resultater og diskusjon

Figur 2a viser at konsentrasjonen av total (TP) i sedimentoverflaten i Vanemfjorden er høyest på grunt vann og avtar til en tilnærmet konstant verdi mot dyptet. Det er ingen signifikant forskjell mellom totalfosforkonsentrasjonen i de dypere områdene (dyp > 3 m) når resultatene fra 2005 sammenlignes med resultatene fra 2006, mens konsentrasjonene i de grunne områdene (dyp < 3 m) er signifikant høyere enn de dypere områdene. Den uorganiske utbyttbare fraksjonen, NAIP, viser tilsvarende fordeling (Figur 2b), mens det er mindre forskjell mellom dypt- og gruntliggende sedimenter med hensyn på organisk bundet fosfor (Figur 2c). Det som kanskje er mest slående med dybdevariasjonen i sedimentfosfor er den store variabiliteten i de grunne områdene, hvor de høyeste verdiene er opp til 4 ganger høyere enn de laveste. Denne variabiliteten er som nevnt ikke uventet, men den vil nødvendigvis gi ekstra usikkerhet hvis en skal prøve å lage et arealriktig anslag av hvor mye fosfor som er bundet i sedimentene i Vanemfjorden.



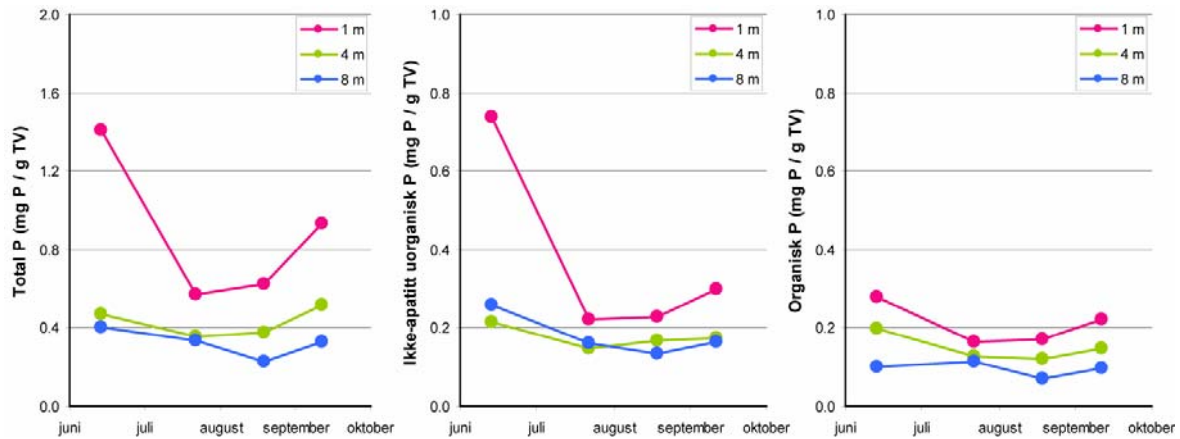
Figur 2. Fosforinnhold i overflatesediment (0-1 cm) i Vanemfjorden i forhold til prøvetakingsdyp. Fra venstre: Total fosfor, Ikke-apatitt uorganisk fosfor (NAIP), Organisk fosfor (alle som mg P / g tørrvekt). Røde punkter er fra september 2006, blå punkter fra september 2005



Figur 3. Totalt fosforinnhold (mg P / g tørrvekt) i overflatesediment (0-1 cm) i Vanemfjorden framstilt i forhold til arealbruk i området.

Hvis en ser de samme resultatene tegnet inn på et kart (Figur 3) framstår det ikke noe slående regionalt mønster verken i øst/vest eller nord/sør-retning. Derimot kan det virke som det er en viss samvariasjon mellom sedimentfosfor og den lokale arealbruken slik at vi stort sett finner de høyeste fosforkonsentrasjonene nær områder med høy jordbruksaktivitet. Vi ser dette mest tydelig langs de tette jordbruksområdene på østsida av Sperrebotn i nord og i området mellom Dillingøy og Rygge i sør. På den annen side er det også høye konsentrasjoner ved utløpet mot Mosseelva vest for Dillingøy, uten at

det er spesielt mye jordbruk i nærheten. Forskjellig eksponering for vind og bølger gir også forskjeller i kornstørrelsesfordeling og andre sedimentkvaliteter som nok også bidrar til variabiliteten mellom prøvetakingsstasjonene.



Figur 4. Fosforinnhold i overflatesediment (0-1 cm) på tre stasjoner i Vanemfjorden på 1, 4 og 8 meters dyp i forhold til prøvetakingstidspunkt. Fra venstre: Total fosfor, Ikke-apatitt uorganisk fosfor (NAIP), Organisk fosfor (alle som mg P / g tørrvekt).

De foreløpige resultatene fra tidsutviklingen av fosforinnhold i overflatesedimentet bekrefter inntrykket av et avtakende fosforinnhold med økende dyp (Figur 4). For de to dypeste stasjonene (4 og 8 meter) får en også inntrykk av liten variabilitet over tid, slik at septemberprøvene over hele innsjøen på dyp større enn 3 meter antakelig er representative for hele sommersituasjonen. Den grunneste stasjonen på 1 meters dyp oppfører seg påfallende annerledes, med over 50 % nedgang i total fosfor fra juni til juli for deretter å øke til 2/3 av juniverdien i september. På grunn av de valg som ble gjort i prøvetakingen er disse resultatene basert på enslige sedimentkjerner slik at vi dessverre kan si lite om i hvilken grad dette mønsteret er påvirket av tilfeldige variasjoner i sedimentkjemi over svært korte avstander (noen titalls meter, maksimalt). Men hvis vi antar at mønsteret er reelt så kan det bety at fosforinnholdet i de grunnliggende sedimentene i Vanemfjorden er langt mer dynamisk enn vi tidligere hadde tenkt oss. Det vil da kunne innebære at sedimentene i de grunne områdene avgir betydelige mengder fosfor nettopp i den tida når algemengden er på sitt høyeste, men at dette fosforet kommer tilbake til sedimentene igjen i løpet av høsten enten som sedimenterende alger eller ved adsorpsjon av oppløst fosfat. Vi snakker altså om et tilnærmet lukket kretsløp hvor en fraksjon av sedimentfosforet som er bundet mestedelen av året blir tilgjengelig for algene i noen kritiske sommermåned. Vi snakker ikke om et nærmest utømmelig reservoar av som vil kunne interngjødse innsjøen i lang tid etter at det ytre tilførselene er redusert. Hvis de ytre tilførselene blir tilstrekkelig redusert så vil de

mekanismene som driver den interne mobiliseringen fra de grunnliggende sedimentene antagelig også få mindre betydning.

## **4. Referanser**

Håkanson, L og Jansson, M. 1985. Lake sedimentology. Springer Verlag. 316s.

Psenner, R., Pucsko, R. og Sager, M. 1984. Die Fraktionierung organischer und anorganischer Phosphorverbindungen von Sedimenten. Archiv für Hydrobiologie. Suppl. 70. 111-155.

Psenner, R., Bostrøm, B., Dinka, M., Petterson, K., Pucsko, R. Sager, M. 1988. Fractionation of phosphorus in suspended matter and sediments. Archiv für Hydrobiologie. Beiheft Ergebnisse der limnologie. 30. 98-109.

Rydin, E. 2000. Potentially mobile phosphorus in lake Erken sediment. Water Research. 34 (7). 2037-2042.